



Diseño y manejo del olivar en seto: efecto en la producción y calidad del aceite

Seto de olivo

La copa del olivo tiene algunas particularidades que son importantes de describir antes de adentrarnos en las características del seto. Por un lado las hojas son de pequeño tamaño, elevado peso específico y persisten durante el invierno, mientras los frutos son pequeños, distribuidos por la copa, situándose principalmente en zonas bien iluminadas. Hojas y frutos se encuentran a su vez en ramas flexibles. Este conjunto de órganos vegetativos y fructíferos pueden conducirse de diversas formas, siendo el vaso y el seto los sistemas de conducción más utilizados (*Figura 1*). El seto es un sistema de con-

ducción, en el que la vegetación de la copa se distribuye de forma continua a lo largo de la línea de plantación, presenta dos caras verticales o con cierta inclinación. Para conseguir un sistema continuo de vegetación es necesario reducir la distancia de los árboles en la línea. Este sistema de cultivo no sólo supone un incremento en la densidad de plantación, sino un cambio en la geometría de la copa que afecta al microclima de las hojas, de los frutos y del suelo, modificando la radiación recibida, temperatura, viento y humedad. Esto provoca grandes cambios en la respuesta del olivo, ya que, la fisiología de los árboles aislados difiere de la fisiología de los olivos conducidos en seto.

**M. GÓMEZ DEL CAMPO¹,
E. TRENTACOSTE^{1,2}, D. J. CONNOR³**

(1) Dpto. Producción Vegetal: Fitotecnia, Universidad Politécnica de Madrid.

(2) Estación Experimental Agropecuaria Junín (INTA), Mendoza, Argentina

(3) School of Land and Environment, The University of Melbourne, Victoria, Australia.

Resumen

El olivar en seto adaptado a la recolección con vendimiadora modificada, supone una alternativa viable a los olivares preparados para la recolección con vibrador de tronco. Presenta como principales ventajas: altas producciones en los primeros años, bajo coste de recolección, menor mano de obra y recolección rápida en el momento óptimo. Sin embargo, estas características sólo son posibles con estructuras óptimas, mantenidas en el tiempo. La intercepción de la radiación solar es el factor determinante de la producción de aceite, así la estructura óptima del seto deberá tender a maximizar la iluminación de la copa. Debido a que el olivar en seto es de reciente implantación, se desconoce la respuesta de la producción y calidad de aceite en setos de diferentes tamaños en distintas localidades. Las simulaciones de producción y calidad de aceite para distintos diseños serán útiles para el sector a la hora de decidir la estructura óptima. En este artículo describimos los avances realizados en este sentido y los retos que, agricultores e investigadores, deberemos ir resolviendo.

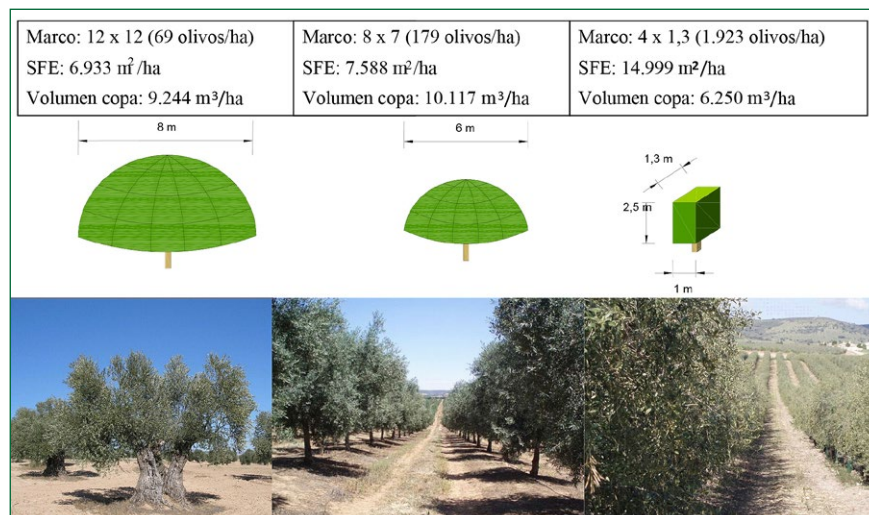
Palabras claves: Olivar superintensivo, Mecanización de recolección, Estructura del seto, Ancho de calle, Orientación.

Abstract

Design and management of olive hedgerow orchards: effect on oil productivity and quality. Olive hedgerow orchards designed for harvest with modified grape harvesters are a viable alternative to orchards designed for harvesting with trunk shakers. The main advantages are: high yields during early years, low harvesting cost, minor workforce and fast harvesting at optimum times. But these features are only possible with optimal structures, maintained over time. The interception of the solar radiation is the decisive factor for olive oil production, so the optimal hedgerow structure has to maximize canopy illumination. Because olive hedgerow orchards are a recent innovation, the response of oil productivity and quality to alternative structures in various locations is unknown. Simulations of oil productivity and quality for different designs will be useful for the sector to establish optimum structures for individual conditions. This paper describes recent progress and remaining challenges for both farmers and researchers.

Key words: Super Intensive olive orchard, Harvesting mechanization, Hedgerow structure, Row width, Orientation.

FIGURA 1. Distintos sistemas de cultivo del olivo. Olivar tradicional en vaso a baja densidad de plantación (izquierda). Olivar intensivo en vaso plantado a más del doble de la densidad del olivar tradicional (centro), con lo que se consigue incrementar la superficie foliar externa (SFE) y el volumen de copa. Olivar en seto adaptado a la recolección con vendimiadora plantado a una densidad superintensiva (derecha); su copa a pesar de ocupar menor volumen, consigue prácticamente doblar la SFE.



Las dimensiones de los setos son muy diversas y depende de las condiciones de cultivo y de su manejo (Figura 2). El seto se puede conseguir con distintas densidades de plantación. Existen setos en olivares comerciales de alturas comprendidas entre 2,5 y 5 m y anchuras entre 1 y 4 m.

Setos para ser recolectados con vendimiadora

Ha sido el elevado coste de recolección lo que ha definido las dimensiones del seto. La posibilidad de recolección con máquinas que trabajan en continuo ha supuesto, en muchos cultivos, un importante avance en competitividad y así ha ocurrido en el olivar. Aunque Bravigrieri, ya en 1961, propuso en Italia este sistema de conducción para alcanzar altas producciones, fue descartado debido a que los olivos se desarrollaron en exceso y la recolección no fue resuelta (MORETTINI, 1972). Posteriormente, a finales de los 90, el sector productor español se lanzó a la plantación de olivares en seto adaptados a la re-

colección con vendimiadoras (Figura 3). Estas máquinas habían sido desarrolladas 30 años atrás en EE.UU. para la recolección de la uva y, con pequeñas modificaciones, pueden recolectar aceituna durante los primeros años del olivar. Años después aparecieron prototipos para recolectar aceituna, son máquinas de mayor tamaño que permiten la entrada de setos más voluminosos. Desde entonces la superficie mundial de olivar en seto para la recolección con vendimiadora no ha dejado de incrementar (Figura 4). La densidad de plantación es variable. En parcelas de regadío se encuentra entre 1.250 y 1.975 olivos/ha, prácticamente 10 veces la del olivar tradicional, de ahí el nombre de olivar superintensivo. Actualmente en zonas de poca disponibilidad de agua se están distanciando las filas hasta los 5 y 6 m, manteniendo las distancia entre olivos en 1,5–2,0 m, las densidades de plantación se ven reducidas a 833 y 1.333 olivos/ha.

El olivar en seto supone una alternativa viable a los olivares intensivos en vaso (200–350 olivos/

ha) preparados para la recolección con vibradores de tronco. La competitividad del olivar en seto se debe a las altas producciones que se alcanzan desde los primeros años, los bajos costes de recolección y la menor necesidad de mano de obra. Por otro lado, este sistema de plantación permite obtener un aceite de excelente calidad, ya que la aceituna puede ser recolectada en cualquier fecha y procede exclusivamente del árbol. Por otro lado, la alta velocidad de recolección reduce el tiempo de espera de la aceituna en la parcela antes de llegar a la almazara. Sin embargo, el diseño y manejo del olivar en seto plantea interrogantes y retos a los agricultores e investigadores, alguno de ellos serán discutidos a continuación.

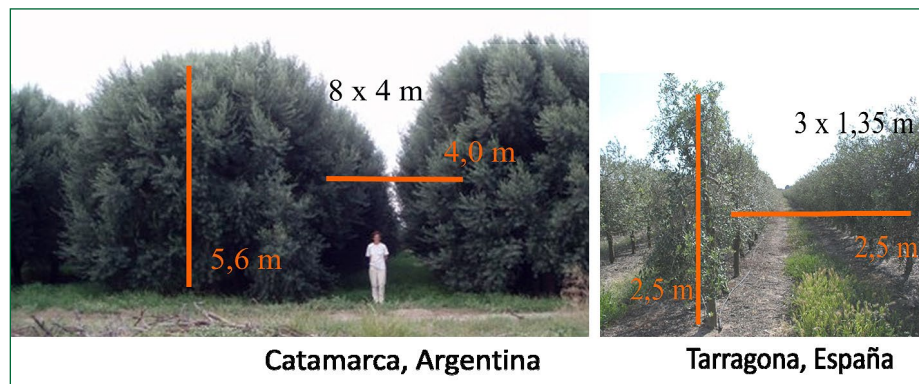
Radiación y producción de aceituna

La producción del olivo depende de la radiación interceptada y su distribución dentro del seto, sin embargo, la respuesta del olivo a la luz ha sido escasamente estudiada debido a que en olivares tradicionales la radiación no es un factor limitante. En olivares en seto que no mantienen una estructura adecuada a lo largo del tiempo se produce un descenso de la productividad



Figura 3. El olivar en seto, adaptado a la recolección con vendimiadora modificada, apareció a principios de los 90 en España. El gran logro del sector fue conseguir diseñar y manejar un olivo para ser recolectado con esta máquina, que trabaja en continuo y, que llevaba más de 30 años innovándose y mejorándose. El manejo del olivo debe permitir que la máquina trabaje rápido, dañando lo mínimo posible al árbol. Los modelos de vendimiadora actuales permiten recolectar setos de hasta 3,30 m de altura y 1 m de anchura.

FIGURA 2. Setos con diferentes características geométricas de la variedad 'Arbequina'. Setos de grandes dimensiones de Argentina y Australia plantados a 8x4 m (313 olivos/ha) que fueron formados en vaso pero debido al elevado vigor, las copas se fueron entrecruzando hasta formar una pared continua (izquierda). Olivares plantados a altas densidades (1.975 olivos/ha), en condiciones poco vigorosas, y conducidos en eje central, el seto alcanza menor tamaño (derecha). La línea horizontal indica la distancia entre caras de setos contiguos, la línea vertical la altura del seto.



(PASTOR *et al.*, 2007). En las primeras experiencias con setos plantados muy próximos, se observó que las partes bajas empezaban a desvestirse y que la carga de frutos iba ascendiendo a medida que el seto iba incrementando su tamaño. En consecuencia, el diseño y manejo del seto para mantener unas características óptimas es decisivo para conseguir que el sistema de plantación sea rentable.

La Universidad Politécnica de Madrid, en colaboración con la Universidad de Melbourne (Aus-

tralia), inició en 2006 los primeros trabajos en olivar en seto con el objetivo de aportar al sector herramientas para diseñar y manejar setos de dimensiones óptimas. En un primer paso hubo que diseñar una herramienta que permitiera conocer, de forma rápida, la radiación interceptada por setos de distintas características. CONNOR (2006) desarrolló un modelo teórico que predecía la radiación interceptada por los diferentes estratos de un seto opaco (pared sin poros) a partir de sus característi-

FIGURA 4. Evolución mundial del olivar en seto adaptado a la recolección con vendimiadora.

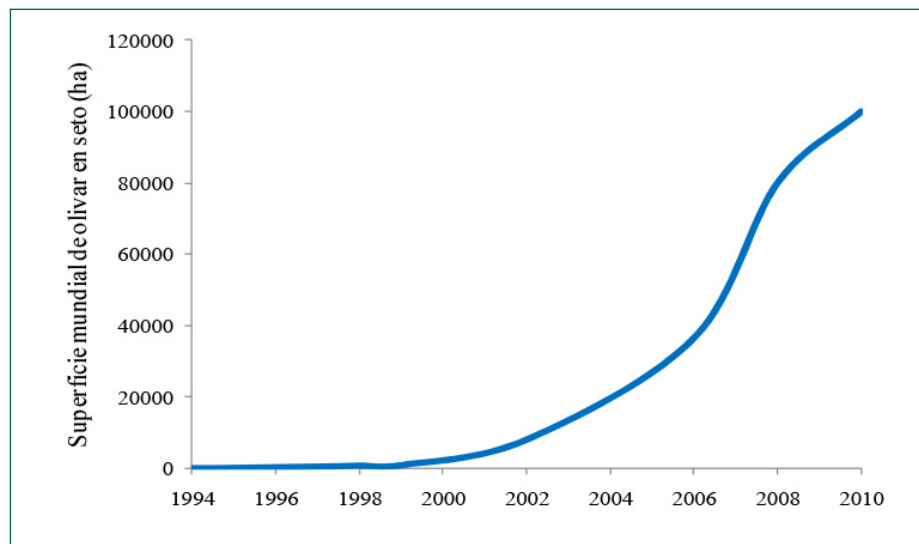
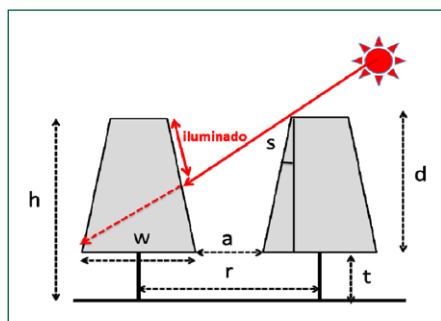
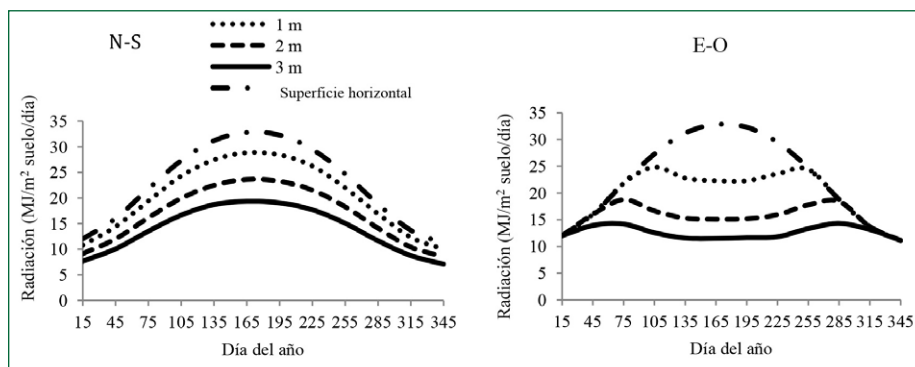


FIGURA 5. Corte perpendicular a la fila del seto. Los setos se caracterizan geoméricamente por su altura (d), ángulo respecto a la vertical ($s = 0$ para los setos rectangulares) y anchura en la base (w). La altura del seto sobre el nivel del suelo (h) se calcula sumando la altura del seto (d) más la distancia desde el suelo hasta las primeras hojas (t). El ancho de calle o distancia entre líneas será (r), dando una distancia entre las caras de setos contiguos o calle libre ($a = r - w$). Estos parámetros, junto con la porosidad y orientación de las filas, permiten caracterizar un seto.



cas (altura, distancia entre setos y orientación), latitud de la localidad y día del año, estos últimos determinan la altura del sol y el azimut (Figura 5). Este modelo se basa en los desarrollados por CAIN (1972), JACKSON y PALMER (1972; 1980). Viendo que muchos de los setos adaptados a la vendimiadora son estrechos y porosos, CONNOR *et al.* (2009) introdujeron la porosidad en el modelo. A medida que va ascendiendo el sol y va cambiando el azimut las paredes de los setos se van iluminando desde la parte más elevada hasta la más baja. La longitud de pared de seto soleada es determinante de la iluminación del seto y de la respuesta de la fotosíntesis. El modelo también considera el papel que juega la radiación difusa, que aunque es reducida (alrededor del 10%) comparada con la radiación horizontal incidente, es importante en días nublados. Este modelo fue validado con medidas diarias de radiación incidente en setos con orientación N-S y E-O (CONNOR *et al.*, 2009). El modelo primero estima los perfiles de radiación incidente en la superficie

FIGURA 6. Efecto del ancho de la calle (1, 2 y 3 m) en 35°N en la radiación interceptada por un seto rectangular orientado N-S y E-O de 2 m de alto y 1 m de ancho. La longitud de seto iluminado depende de la distancia entre las paredes de los setos. La evolución anual difiere entre setos de características geométricas diferentes. En un N-S ambas caras reciben la misma radiación, la cara E recibe el sol de la mañana y la cara O de la tarde. En un seto E-O, la cara N (en hemisferio Norte) solamente recibe radiación directa periodos cortos por la mañana y por la tarde en pleno verano.



externa del seto, a partir de aquí se calcula la radiación interceptada (incidente menos la que atraviesa el seto) usando las estimaciones de porosidad del seto obtenidas a partir de fotografías del seto con fondo rojo o blanco (Figura 6).

El siguiente paso en nuestro trabajo fue conocer la respuesta de la producción de aceite y sus componentes a los diferentes niveles de radiación, con el objetivo de determinar los umbrales de radiación para los diferentes procesos fisiológicos implicados. Estudios previos ya señalaban la sensibilidad a la radiación de la iniciación floral, crecimiento vegetativo, cuajado, tamaño de la aceituna y contenido en aceite (ORTEGA-NIETO, 1945; TOMBESI y STANDARDI, 1977; TOMBESI y CARTECHINI, 1986; ACEBEDO *et al.*, 2000). Se observó que el peso seco de los frutos y el rendimiento graso incrementan de forma lineal al aumentar la radiación interceptada por el seto durante octubre, mes de máxima síntesis de aceite (Figura 7). Sin embargo, la producción depende principalmente del número de aceitunas, este componente de la producción depende de la radiación pero su respuesta es diferente para cada olivar y año. Analizando los datos de 11 olivares, la relación entre densidad de frutos y radia-

ción presentó $R^2=0,30$, sin embargo cuando se establecieron relaciones individuales R^2 ascendió a 0,70 (CONNOR *et al.* 2012).

Radiación y calidad del aceite

La posición de la aceituna en el seto determina igualmente la calidad del aceite (Figura 8). Son pocos los datos disponibles y deben considerarse preliminares. GÓMEZ-DEL-CAMPO y GARCÍA (2012) observaron que las aceitunas de las partes altas producen aceites más estables, por el mayor contenido en polifenoles. Sin embargo, la mayor concentración de ácido oleico se encuentra en las partes bajas del seto.

Diseño óptimo y la utilidad de las simulaciones de producción y calidad

El diseño de la plantación y su manejo debe permitir que el seto mantenga características geométricas óptimas para alcanzar la máxima rentabilidad. Hasta ahora hemos trabajado en setos orientados N-S y, por lo tanto, la iluminación en ambos lados es simétrica a lo largo del día. La máxima producción se alcanza cuando toda la pared del seto recibe niveles de radiación superiores a un valor umbral y toda la

FIGURA 7. Relación entre los componentes del rendimiento y la radiación incidente diaria en octubre en varios olivares en seto, de la variedad 'Arbequina' plantados N-S (CONNOR *et al.*, 2012). Círculos con fondo blanco representan las partes altas del seto que reciben una radiación diaria superior a 6 MJ m^{-2} . La densidad de frutos (izquierda) en las zonas que reciben radiación por encima de $6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ es horizontal $=1.000 \text{ frutos m}^{-2}$, por debajo la densidad desciende linealmente. El peso seco (centro) y el contenido en aceite de la aceituna (% materia seca) (derecha) incrementan linealmente con la radiación incidente.

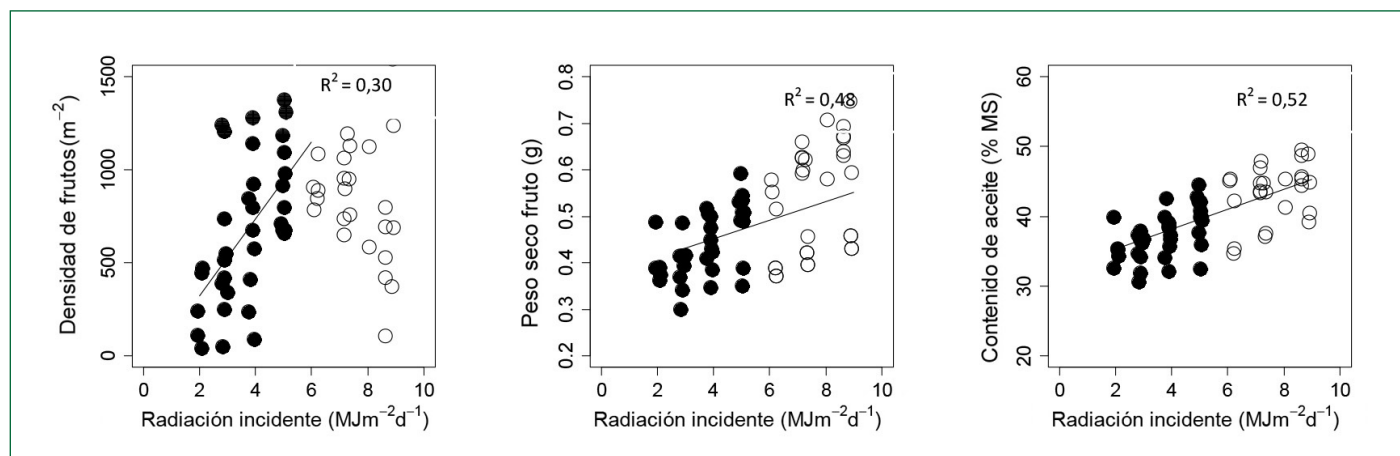
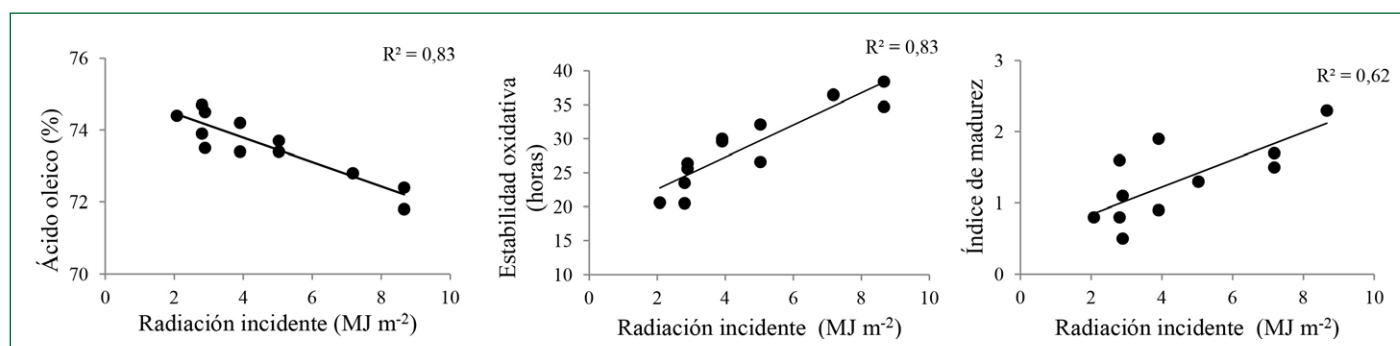


FIGURA 8. Relación entre las características químicas del aceite y el índice de madurez de la aceituna con la radiación incidente diaria en octubre, en 9 olivares de la variedad 'Arbequina' (GÓMEZ-DEL-CAMPO y GARCÍA, 2012). La concentración de ácido oleico disminuye con el incremento de radiación incidente, mientras la estabilidad oxidativa y el índice de madurez incrementan linealmente con el aumento de radiación incidente.



estructura del seto está rellena sin dejar huecos entre olivos ni en las partes altas ni bajas, alcanzando la máxima superficie fotosintética por longitud de seto. El modelo de radiación permite calcular la radiación interceptada por los distintos estratos y por el seto en su conjunto (Figura 5). Aplicando los modelos de producción (Figura 7) y calidad (Figura 8) a la radiación interceptada se pudo simular la producción (Figura 9) y la calidad del aceite (Figura 10) de setos de diferentes características geométricas (CONNOR y GÓMEZ-DEL-CAMPO, 2013).

Es interesante describir brevemente la información que aportan estas simulaciones. En setos N-S, la distancia óptima entre setos (an-

cho de calle – ancho de seto) se alcanza cuando es igual a la altura del seto (Figura 9). Setos más estrechos alcanzan producciones más altas, porque al reducir el ancho de calle se incrementa la longitud de seto por hectárea. La iluminación de los setos se puede incrementar aplicando un cierto ángulo en las formas romboidales, principalmente en los setos más anchos. Las formas romboidales responden a los cambios de iluminación alcanzando producciones más elevadas, en parte, por la reducción en el ancho de calle. Al simular la respuesta de la producción a latitudes entre 30° y 40° se observó que la respuesta es escasa y, por tanto, no debe condicionar la distancia entre setos.

Son escasos los datos actualmente disponibles sobre el efecto de la radiación en la calidad de la aceituna, únicamente disponibles para la variedad 'Arbequina' (GÓMEZ-DEL-CAMPO y GARCÍA, 2012). El aceite de esta variedad es valorado por sus cualidades organolépticas, sin embargo es sensible a la oxidación y presenta bajo contenido en oleico. Por tanto, los parámetros de calidad simulados son estabilidad oxidativa y ácido oleico (Figura 10). El contenido en ácido oleico desciende en la medida que se incrementa la distancia entre setos, pero menos en setos estrechos y sombreados que en setos anchos. La estabilidad y el índice de madurez se incrementan en la medida que lo va haciendo la distancia entre setos y es

mayor en setos estrechos y bajos que en setos altos y anchos.

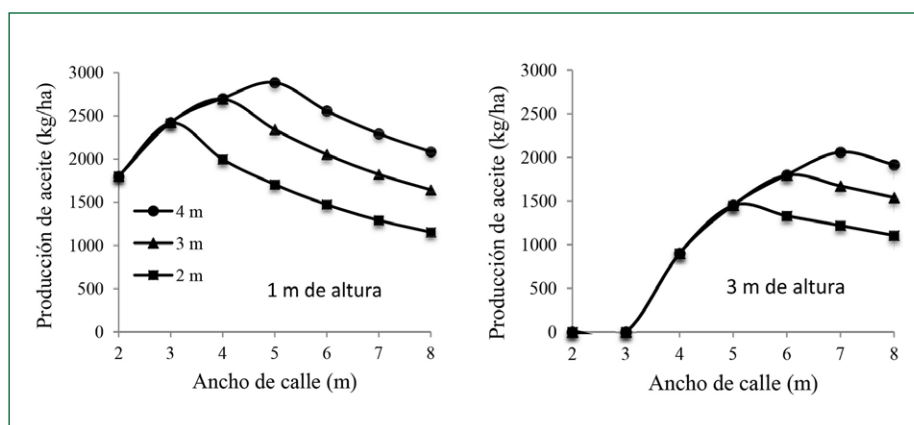
Según las simulaciones presentadas, no hay una única solución y la máxima producción se puede alcanzar con setos de diferentes características. Sin embargo, el diseño óptimo será aquel que permita maximizar la producción con un manejo fácil y económico, sin olvidar que no siempre el seto más productivo será el más rentable. La facilidad y economía en el manejo hace referencia, principalmente, a dos cuestiones: facilitar el trabajo de maquinaria barata para las labores de cultivo (recolección, poda, tratamientos) y conseguir un seto que permita la circulación del aire para mejorar su estado sanitario. A nivel de radiación se observa que cuanto mayor sea la distancia entre setos, más altos y anchos deberán ser para interceptar la máxima radiación, sin embargo, cuanto más alto y ancho es un seto más costosa resulta la maquinaria de recolección y más se dificulta la poda. Esto parece indicar que los setos bajos y estrechos son más rentables.

La orientación de los setos: una cuestión por resolver

La mayoría de los setos se plantan con orientación N-S, sin embargo, hay situaciones (geometría de la parcela y pendiente del terreno) donde esto no es posible, incluso, podrían existir ventajas al modificar la iluminación del seto utilizando otras orientaciones. Por eso cabe preguntarnos cuál es el efecto de la orientación del seto sobre la productividad y calidad del aceite.

La orientación de los setos definirá en gran medida la cantidad y distribución de la radiación y su efecto en los distintos procesos fisiológicos del olivo. En la *Figura 6* se presenta la evolución de la radiación interceptada por setos orientados N-S y E-O. La orientación N-S expone al cultivo a altos niveles de radiación durante el verano, mientras que setos orientados de E-O, interceptan

FIGURA 9. Simulaciones de producción de aceite de setos rectangulares N-S en 35°N de diferente altura (2, 3 y 4 m), anchura (1 m –izquierda y 3 m – derecha), ancho de calle (2 a 8 m) (CONNOR y GÓMEZ-DEL-CAMPO, 2013). Setos de 1 m de ancho (izquierda) corresponde a los setos adaptados a la recolección con vendimiadoras, mientras que los de 3 de ancho deben ser recolectados con máquinas más voluminosas. Todos los setos alcanzan la máxima producción cuando la distancia entre caras de setos contiguos es igual a su altura. La máxima producción se alcanza con los setos más altos. Los setos más estrechos alcanzan producciones más elevadas.



mayor radiación al inicio de primavera y durante el otoño, coincidiendo con el periodo de síntesis y acumulación de aceite en aceitunas.

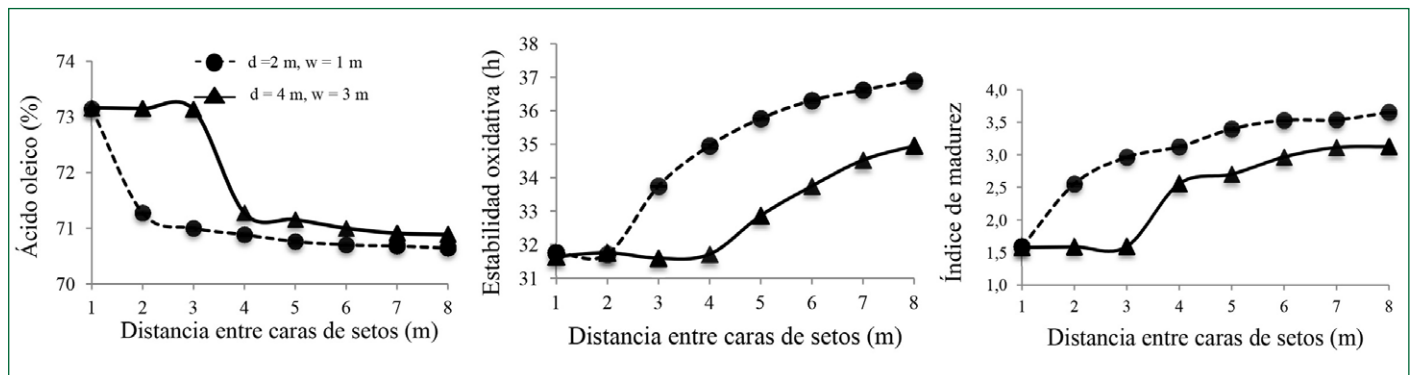
Las mayores diferencias generadas por la orientación del seto radican en la distribución de radiación entre ambas caras del seto. En la orientación N-S, ambas caras reciben similar radiación a lo largo del día, la cara E es iluminada durante la primera mitad del día, mientras la cara O es iluminada después del mediodía. En setos E-O, la cara S (en hemisferio N) queda expuesta a la radiación solar durante la mayor parte del día, mientras la cara N permanece sombreada, excepto en verano durante cortos periodos de la mañana y de la tarde. En consecuencia la cara N es dependiente de la radiación difusa (radiación con menor energía) desde el cielo, la radiación reflejada desde la fila contigua y la transmitida desde la cara soleada. Estas relaciones son alteradas por la presencia de poros o espacios libres sin hojas en la pared del seto, que permiten que los rayos solares la traviesen alcanzando la otra cara del seto. La presencia de poros en el seto presenta mayor efecto en la orientación E-O, y permiten que los periodos de mayor ra-

diación interceptada (invierno–primavera y otoño) coincidan con los mayores ángulos de los rayos solares, elevando así la radiación transmitida desde la cara S hacia la cara N. En los setos orientados N-S, la radiación que atraviesa la cara E y llega a la O, durante la mañana, es compensada con radiación en sentido contrario durante la tarde.

Es escasa la información disponible en olivo sobre el efecto de la orientación de los setos. En otros frutales (manzano, pera y vid), se ha observado un incremento de la producción en el rango del 15–25% de N-S frente a E-O (KHEMIRA *et al.*, 1993), sin embargo, la mayor productividad de N-S no puede generalizarse por ser dependiente del ciclo fenológico de cultivo, características estructurales del seto y latitud del lugar. El objetivo será lograr coincidir alta iluminación del seto durante las fases críticas para la determinación de la producción y calidad.

La disposición de las filas modifica otros factores directamente relacionados a la radiación solar, como la temperatura. Numerosos procesos biológicos involucrados en el crecimiento, desarrollo y calidad de los frutos dependen de su temperatura. La diferencia entre la temperatura

FIGURA 10. Efecto simulado de la distancia entre caras de setos contiguos o calle libre (1 a 8 m) en la calidad del aceite e índice de madurez de setos rectangulares N-S en 35°N de dos alturas (d=2 y 4 m) y anchuras (w=1 y 3 m) (CONNOR y GÓMEZ-DEL-CAMPO, 2013).



del fruto y el ambiente incrementará en condiciones de mayor radiación incidente y menor velocidad de viento. Las diferencias en radiación y temperatura generadas por la orientación del seto pueden afectar a la composición química de los aceites. Recientemente, GÓMEZ-DEL-CAMPO y GARCÍA (2012), trabajando con setos variedad 'Arbequina' orientados N-S y E-O, observaron que el aceite de los frutos que crecen en la cara E (seto N-S) y cara N (seto E-O) presenta mayor contenido de ácido oleico, menor contenido de ácido palmítico y linoleico que el aceite extraído de la cara opuesta. Por otro lado, independientemente de la posición de los frutos en el seto, el aceite de setos N-S mostró mayor contenido de compuestos fenólicos (i.e. antioxidantes) que setos E-O. En relación a la calidad del aceite, resulta fundamental determinar el momento oportuno para cosechar, y que el estado de maduración sea uniforme. La orientación del seto modificó el índice de madurez, frutos en setos E-O anticiparon su madurez frente a setos N-S, asociado a la mayor radiación incidente durante el otoño sobre la cara S de los setos E-O. Sin embargo, debe considerarse que en setos E-O poco porosos se genera mayores diferencias en la radiación recibida entre las caras S y N, por lo tanto mayor heterogeneidad en el estado de maduración.

Seleccionar adecuadamente la orientación del seto es más importante en ambientes limitados por

radiación (setos estrechos, nubosidad elevada). Los trabajos mencionados sólo han utilizado las orientaciones extremas (N-S y E-O), pero obviamente existen orientaciones intermedias que deben ser estudiadas no sólo para conocer su impacto sobre el rendimiento y calidad, sino también sobre la demanda hídrica, daño por bajas temperaturas y manejo de malas hierbas. Los datos que aporten ensayos ya establecidos (Figura 11) permitirán esclarecer estas cuestiones.

Retos

La plantación en seto para recolección con vendimiadora presenta algunas limitaciones: inversión inicial elevada, pendiente moderada de la parcela y necesidad de disponer de suficiente aporte hídrico (ya sea lluvia o agua de riego). Otra cuestión importante por resolver es la reducida gama de variedades adaptadas a este sistema. Las características deseables de una variedad para cultivo en seto son: rápida entrada en producción, producciones regulares, elevadas y de alta calidad y reducido vigor. Pocas variedades cumplen estas premisas. Actualmente en olivar superintensivo se está plantando 'Arbequina', y en menor cantidad 'Arbosana' y 'Koroneiki'. La plantación de gran superficie con una única variedad supone un problema en el control de la recolección y molienda. Por otro lado, en explotaciones de pe-

queño tamaño no es un sistema viable, si no se da la circunstancia de que olivares cercanos recolecten con la misma máquina.

Actualmente nos encontramos ante dos grandes retos: determinar la estructura óptima y mantenerla. Respecto al diseño óptimo del seto, es necesario determinar los umbrales de radiación para la producción de aceite. La radiación permite explicar algunos componentes del rendimiento (tamaño de aceituna y rendimiento graso) sin embargo, el número de aceitunas no se explica exclusivamente con niveles de radiación, otros factores, como temperatura, pueden estar incidiendo. Por otro lado, es necesario conocer la respuesta a la radiación de la producción y calidad del aceite en diversas variedades, ya que los datos obtenidos hasta la fecha provienen, en su mayoría, de setos de 'Arbequina'. Se dispone de poca información de setos orientados E-O, y los datos indican que la respuesta a la radiación y, previsiblemente, a la temperatura de los setos orientados E-O difieren de N-S.

Respecto al mantenimiento de la estructura del seto, es importante diseñarlo correctamente, en función no sólo de las dimensiones de las máquinas de cosecha disponibles, sino conociendo adecuadamente las condiciones ambientales, edáficas y de cultivo que determina el crecimiento potencial del olivo en el lugar. En regiones donde el cultivo exprese escaso crecimiento será



Figura 11. Parcela experimental plantada en el año 2008 en la Puebla de Montalbán (Toledo) de la variedad 'Arbequina' en cuatro orientaciones (N-S, E-O, las intermedias NE-SO y NO-SE), gracias a la ayuda de varias empresas. La Universidad de Córdoba y la empresa Todolivo (Córdoba) establecieron posteriormente ensayos similares.

posible utilizar estructuras de setos bajos y estrechos, adaptados a máquinas de menores dimensiones, mientras regiones que favorezcan un alto vigor de las plantas, las dimensiones del seto óptimos serán mayores, y habrá que asegurar, con el manejo, la adecuada iluminación de toda la copa. El crecimiento vegetativo puede ser controlado manejando adecuadamente el riego y los nutrientes y, en último caso, con la poda. Los resultados del trabajo de varios grupos de investigación sobre riego deficitario en olivar en seto, aportará información para utilizar esta estrategia y reducir el vigor.

Pero el gran desafío lo encontramos en el olivar de aceituna de mesa. El sector ha iniciado algunas experiencias de olivar en seto. Los retos que se plantean son mayores que en el olivar de almazara, ya que además de alcanzar altas producciones, las aceitunas deben tener suficiente calibre y llegar intactas a la planta de aderezo.

Parte de este trabajo fue presentado en el Congreso de Olivicultura SECH, celebrado en Sevilla en 2011 y el Symposium Internacional de Olivicultura celebrado en San Juan, Argentina en 2012. •

Agradecimientos

Estos trabajos se han podido realizar gracias a las empresas que han permitido el acceso a sus parcelas: Casas de Hualdo (La Puebla de Montalbán, Toledo), Jacinto Cabetas (Carpio de Tajo, Toledo), Antonio Capitán (Écija, Sevilla), Todolivo (Pedro Abad, Córdoba), y todas las personas que participaron en la recolección por alturas y caras de estos setos y la posterior preparación de las muestras de aceitunas y extracción del aceite (Ana Centeno, Ángela Rodríguez, Beatriz Somoza, Enrique Vivas, Mercedes Ortí, Ignacio Sanjuan, Felipe Oliva). Pudimos cuantificar el contenido en aceite de las muestras de aceituna gracias a que Diego Barranco puso a nuestra dispo-

sición el equipo de RMN de la Universidad de Córdoba. Eduardo Trentacoste está realizando la tesis doctoral en la UPM gracias al programa ERASMUS MUNDUS de la UE. Parte de estos trabajos fueron financiados por la UPM y la Comunidad de Madrid (Project M0800204112). El ensayo de orientaciones, establecido en la Puebla de Montalbán (Toledo), fue financiado por las empresas Casas de Hualdo, Todolivo, Regaber y Agromillora.

Bibliografía

- ACEBEDO, M.M.; CAÑETE, M.L.; CUEVAS, J. 2000. Processes affecting fruit distribution and its quality in the canopy of olive trees. *Adv. Hort. Sci.* 14: 169-175.
- CAIN, J.C. 1972. Hedgerow orchard design for most efficient interception of solar radiation. Effects of tree size, shape, spacing, and row direction. *Search Agric.* 2:1-14.
- CONNOR, D.J. 2006. Towards optimal designs for hedgerow olive orchards. *Aust. J. Agric. Res.* 57:1067-1072.
- CONNOR, D.J.; CENTENO, A. Y GÓMEZ-DEL-CAMPO, M. 2009. Yield determination in olive hedgerow orchards. II. Analysis of radiation and fruiting profiles. *Crop Pasture Sci.* 60:443-452.
- CONNOR, D.J.; GÓMEZ-DEL-CAMPO, M. Y COMAS, J. 2012. Yield characteristics of N-S oriented olive hedgerow orchards, cv. Arbequina. *Sci. Hort.* 133: 31-36.
- CONNOR, D.J. Y GÓMEZ-DEL-CAMPO, M. 2013. Simulation of oil productivity and quality of N-S oriented olive hedgerow orchards in response to structure and interception of radiation. *Sci. Hort* 150:92-99.
- GÓMEZ-DEL-CAMPO, M. Y GARCÍA, J.M. 2012. Canopy fruit location can affect olive oil quality in 'Arbequina' hedgerow orchards. *J. Amer. Oil Chemists* 89:123-133.
- JACKSON, J.E. Y PALMER, J.W. 1972. Interception of light by model hedgerow orchards in relation to latitude, time of year and hedgerow configuration and orientation. *J. Applied Ecol.* 9:341-357.
- JACKSON, J.E. Y PALMER, J.W. 1980. A computer model study of light interception by orchards in relation to mechanized harvesting and management. *Sci. Hort.* 13:1-7.
- KHEMIRA, H.; LOMBARD, P.B.; SUGAR, D. Y AZARENKO, A.N. 1993. Hedgerow orientation affects canopy exposure, flowering, and fruiting of Anjou pear trees. *HortScience* 28: 984-987.
- MORETTINI, A. 1972. Olivicultura. Ramo Editoriale Degli Agricoltori. Roma. Italia.
- ORTEGA-NIETO, J.M. 1945. 'Poda del Olivo, con aplicaciones especiales a la zona de Ubeda y 'El Condado' (Jaén)'. Editora El Olivo, S.S.L. Jaén. España.
- PASTOR, M.; GARCÍA-VILA, M.; SORIANO, M.A.; VEGA, V. Y FERERES, E. 2007. Productivity of olive orchards in response to tree density. *J. Hort. Sci. Biotechnology* 82: 555-562.
- TOMBESI, A Y STANDARDI, A. 1979. Influenza della defogliazione, della eliminazione dei frutti e della decorticazione anulare sulla differenziazione delle gemme a fiore nell'olivo. *Annali della Facoltà di Agraria di Perugia* 33: 407-421.
- TOMBESI, A Y CARTECHINI, A. 1986. L'effetto dell' ombreggiamento della chioma sulla differenziazione delle gemme a fiore dell' olivo. *Riv. Ortofrutticoltura Italiana* 70: 277-285.